

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВОЛОКОН ЛЬНА\***

**PERSPECTIVES OF APPLICATION  
OF BIOLOGICALLY ACTIVE FLAX FIBERS**

*В.Н. ГАЛАШИНА, Н.С. ДЫМНИКОВА, П.А. МОРЫГАНОВ, Л.А. БРАТЧЕНЯ, Н.П. ЕСЕНКОВА*  
*V.N. GALASHINA, N.S. DYMNIKOVA, P.A. MORYGANOV, L.A. BRATCHENYA, N.P. ESENKOVA*

(Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново,  
ОАО "Научно-исследовательский институт нетканых материалов")  
(Institute of Solutions Chemistry "G.A. Krestov" of RAS;  
"Research Institute of Nonwoven" Public Corp.)  
E-mail: vng@isc-ras.ru, nri@inbox.ru

*Эмпирическим путем доказана возможность изготовления льносодержащих нетканых материалов со специальными эксплуатационными характеристиками, достигаемыми за счет свойств биологически активных льноволокна и особенностей структуры нетканых материалов.*

*A possibility of manufacturing flax connecting nonwoven with special exploitation characteristics caused by the properties of biologically active flax fibers and features of nonwoven structure has been proved by an empirical method.*

**Ключевые слова:** льноволокно, модификация, биозащита, тест-культуры, микрофлора, коэффициент устойчивости к биоразрушению, нетканые материалы.

**Keywords:** a flax fiber, modification, bioprotection, test cultures, microflora, biodestruction resistance coefficient, nonwoven.

Технологические свойства льна при формировании нетканых полотен зависят, главным образом, от размеров волокон, его функциональные свойства – от состава примесей, поэтому для проведения исследований были выбраны волокна с различным содержанием природных спутников целлюлозы и существенно отличающиеся геометрическими параметрами. Их характеристика представлена в табл. 1.

Для выявления допустимого предела уменьшения размеров льноволокна было

запланировано сравнение способности к холстоформированию суровых и отбеленных волокон, различающихся средней массодлиной (68 и 30,5 мм), содержанием коротких (до 20 мм) волокон (20,2 и 45,6%) и средней линейной плотностью (3,6 и 2,8 текс). Сведения о технологичности данных льноволокна при изготовлении нетканых материалов (НМ) будут приведены ниже.

Функциональные свойства биологически активных волокон должны обеспечи-

\* Исследования выполнены при финансовой поддержке Минпромторга РФ (гос. контракт №11411.0816900.19.045 от 12.04.2011, шифр "Лен").

вать изготавливаемым из них НМ способность задерживать рост микроорганизмов (бактериостатические свойства), вызывать их гибель (бактерицидные свойства) или проявлять устойчивость к действию микробных культур (МК) и продуктов их жизнедеятельности (ферментов, органических кислот). С этой целью льноволокна обрабатывали в течение 30 мин при 25°C препаратами "Комбатекс" (композиционными биологически активными) при жидкостном модуле 4,5. Индивидуальные химические реагенты, как правило, избирательно воздействуют на различные виды микроорганизмов, поэтому композиционные препа-

раты, включающие ингредиенты различного селективного действия, проявляют более высокую эффективность [1]. Композиционные биологически активные составы "Комбатекс" были разработаны в ИХР РАН на основании эмпирически выявленной активности биоцидных реагентов различных классов в изменении динамики биоразрушения волокон льна [2]. Наряду с широким спектром активности достоинством данных препаратов является их высокая степень безопасности для человека, установленная на основании проведенных токсикологических исследований.

Таблица 1

Наименование показателей	Значения для волокон	
	суровых, механически очищенных	отбеленных
Средняя массодлина, мм	68,0	30,5
Средняя линейная плотность, текс	3,6	2,8
Содержание волокон в группах, %		
< 20 мм	20,2	45,6
20...100 мм	42,8	51,4
> 100 мм	37,0	3,2
Разрывная нагрузка волокон (сН) в группе: 40... 60 мм	67,8	57,9
Содержание костры, %	3,0	2,4
Гигроскопичность, %	14,5	-
Поглотительная способность, г/г волокна	-	18,0
Капиллярность, мм	-	84,0
Цвет волокна	серый	белый

Важность учета состава сопутствующих целлюлозе примесей и их доступности для МК обусловлена тем, что от этих факторов зависит биоустойчивость целлюлозных материалов. Отмечают, что биодеградация льна начинается с утилизации легкогидролизуемых полисахаридов [3], поэтому их высокое содержание в волокнах обуславливает более высокую степень биоразрушения суровых материалов в сравнении с отбеленными. Кроме того, различие в составе примесей влияет на сорбционно-десорбционные процессы в льняной матрице, а следовательно, и на степень удерживания активных реагентов в полимере и длительность их пролонгированного действия [4].

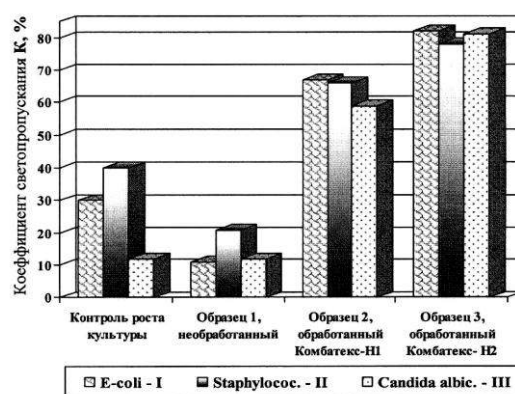


Рис. 1

Данные, приведенные на гистограмме рис. 1 (влияние льноволокна суровых необработанных (образец 1) и обработанных препаратами Комбатекс-Н1 и Комбатекс-Н2 (образцы 2 и 3) на коэффициенты светопропускания растворов тест-культур

(К)), позволяют оценить влияние волокон льна на граммотрицательные, грамположительные и грибковые культуры. Коэффициенты светопропускания (К) растворов тест-культур E.coli (I), Staphylococcus aureus(II) и Candida albicans(III) (рис.1-а) составляют соответственно 32,5, 42 и 16%. Резкое – (на 65 и 66%) снижение светопропускания, наблюдаемое после выдерживания в этих растворах суровых льноволокна (рис. 1-б), свидетельствует о стимулировании льноволокном роста кишечной палочки и стафилококка. Напротив, выдерживание в растворах льноволокна, обработанных препаратами Комбатекс (рис. 1-в, г), приводит к противоположному эффекту увеличения коэффициента светопропускания в такой же или даже большей степени (на 73...87 %). Это указывает на то, что суровые волокна, содержащие значительное количество примесей, стимулируют рост культур; волокна же, обработанные биоцидными препаратами, напротив, ингибируют их развитие. Следует отметить эффективное воздействие биозащищенных волокон льна на грибковую тест-культуру Candida albicans (рост К на 73 и 92%).

Проверку биоразрушения льноволокна и нетканых материалов проводили в условиях, благоприятных для развития естественного комплекса микрофлоры, под ко-

торым следует понимать сообщество микроорганизмов, развивающихся на растительных волокнах в процессе их роста, а также сорбирующихся на текстильных материалах в процессе их обработки и хранения. Культивирование естественного комплекса микрофлоры обеспечивали выдерживанием исследуемых образцов в термостате ТС-80 при  $29 \pm 0,2^\circ\text{C}$  и влажности 98...100% в течение 14 суток. Разрушение НМ под действием почвенной микрофлоры определяли в соответствии с ГОСТ 9.060.

При этом процесс биоразрушения волокон и НМ оценивали визуально – по изменению их внешнего вида, и количественно – по снижению массы деструктурированных образцов и коэффициента устойчивости к микробиологическому разрушению (П), характеризующему отношение разрывной нагрузки материала после его контакта с почвенной микрофлорой ( $P_T$ ) к исходной ( $P_0$ ). Коэффициент устойчивости вычисляли по формуле:  $\Pi (\%) = P_T \cdot 100 / P_0$ .

Согласно ГОСТ 9.060 материал считается устойчивым к микробиологическому разрушению, если  $\Pi > 80 \pm 5$ .

Данные по оценке биодеструкции льноволокна, проведенной на основании визуального осмотра (оценка в баллах), наличия специфического запаха и потере их массы, представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Образцы волокон льна	Показатели, характеризующие биозащищенность льноволокна		
	потеря массы, %	наличие специфического запаха	обрастание плесневыми грибами, балл*
Механически модифицированное суровое льноволокно			
1.Исходное, необработанное	23,0	+	5,0
2.Обработанное препаратом Комбатекс – Н1	3,0	-	0
3.Обработанное препаратом Комбатекс -Н2	6,0	-	0
Химически модифицированное отбеленное льноволокно			
4.Обработанное препаратом Комбатекс -Н2	1,3	-	0

П р и м е ч а н и е. \* В соответствии с ГОСТ 9.048–89 степень обрастания плесневыми грибами не должна превышать 1 балла (под микроскопом виден незначительно развитый мицелий).

Согласно приведенным данным после культивирования микробных культур имеют место различия в изменении внешнего вида волокон исходного и обработанных препаратами Комбатекс - Н1 и Комбатекс - Н2. В первом случае наблюдается

значительное обрастание волокон плесневыми грибами, колонизация их поверхности, пигментация, появление неприятного гнилостного запаха. Потеря массы волокон необработанных, свидетельствующая об изменении их состава, достигает 23 %, в то

время как у биологически активных волокон, обработанных препаратами "Комбатекс", она составляет 1,3...6 %.

Таким образом, ингибирующее действие льноволокна, обработанных препаратами Комбатекс, по отношению к микробным культурам и их незначительные изменения в условиях, благоприятных для развития микрофлоры, свидетельствуют об их высокой биологической активности.

Наряду с гигиеническими, специальными свойствами таких НМ, в частности, стелек – важных конструктивных элементов низа обуви – являются формоустойчивость, высокая прочность, устойчивость к истиранию. Важной характеристикой является также показатель "толщины" материала, так как он влияет на объем внутриобувного пространства и на конструкцию обуви.

Проведенные маркетинговые исследования позволили сформулировать основные технические требования, предъявляемые к НМ для стелек в обувь: толщина 1,7...10 мм; воздухопроницаемость 40...200 дм/м·с; гигроскопичность не менее 2...6%; устойчивость к истиранию, количество циклов, не менее 7000.

В соответствии с установленными требованиями были разработаны оригинальные структуры нетканых полотен и технологические принципы их изготовления. Придание комплекса заданных свойств обеспечивали путем эмпирического определения оптимального состава волокнистой смеси, применения метода простран-

ственно-послойного расположения рабочих элементов в структуре НМ, использования "барьерных элементов", позволяющих повысить формоустойчивость и улучшить функциональные свойства материалов. Для достижения необходимых показателей стойкости к истиранию и прочности использовали прием комбинирования технологических операций иглопрокалывания и термообработки, а применением операции каландрирования обеспечивали требуемую толщину НМ и тисненую поверхность. Тисненная поверхность способствует активации биологически активных точек стопы, нормализует жизненные процессы организма, улучшает эстетический вид НМ.

Отсутствие извитости у льноволокна и их низкая "сцепляемость" затрудняют формирование холста на чесальном оборудовании, однако этот недостаток устраняется введением в волокнистые смеси синтетических или искусственных волокон. В процессе исследований было установлено что введением полиэфирных волокон достигается необходимая технологичность смесовых составов как на основе суровых волокон льна, так и на основе более коротких отбеленных (табл. 1). При этом полиэфирные волокна в волокнистой смеси придают материалам свойства несминаемости, формоустойчивости, повышают их прочность в мокром состоянии.

Показатели качества НМ, изготовленных на основе модифицированных суровых и отбеленных льноволокна, приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Показатели качества	Отечественный аналог*	Значения для НМ, содержащих льноволокна, обработанные препаратами Комбатекс:				
		-	Н1	Н2	Н-2	
		суровые			отбеленные	
Номера образцов	-	1	2	3	4	4а**
Поверхностная плотность, г/м	445	570	560	560	328	302
Толщина, мм	3,91	3,2	3,4	3,5	2,39	1,61
Воздухопроницаемость, дм /м·с	414	125	140	150	276	172
Устойчивость к истиранию, количество циклов	4995	39000	38000	44000	10200	35302
Гигроскопичность, %	8,2	7,0	9,2	ВД	7,5	3,1
Степень обрастания плесневыми грибами, баллы		5	0	0	0	0
Наличие специфического запаха при контакте с естественным комплексом микрофлоры		+	-	-	-	-
Коэффициент устойчивости к биоразрушению, %		30	97	96	97,6	96,9

П р и м е ч а н и е. \* Аналог, производимый ООО "Ева Текс" (г. Санкт-Петербург); \*\* образец каландрированный с тисненой поверхностью.

Согласно данным табл. 3 новые оригинальные структуры НМ, изготовленные с использованием модифицированных суровых и отбеленных льноволокна, обладают комплексом требуемых прочностных, гигиенических и функциональных свойств. Полученные нетканые полотна имеют хорошие показатели воздухопроницаемости и высокую устойчивость к истиранию (более 10000 циклов) даже при минимальной массе и толщине полотна (обр. 4 и 4а).

О преимуществах структурных и технологических особенностей разработанных льнодержанных НМ (обр. 1...3), способствующих увеличению срока эксплуатации изделий, свидетельствует тот факт, что при сравнительно близких показателях толщины стойкость к истиранию у материала на основе модифицированных льноволокна на порядок выше, чем у отечественного аналога, производимого ООО "Ева Текс" (г. Санкт-Петербург).

Согласно данным, приведенным в табл. 3, использование биологически активных льноволокна обеспечивает высокую степень биозащитности изготавливаемым из них нетканым полотнам. Так, коэффициенты устойчивости к биоразрушению образцов, обработанных препаратами Комбатекс (96...97,6%), значительно превышают норматив, установленный ГОСТ 9.060 (не менее 85 %), и показатель биоустойчивости нетканого материала из незащищенного льноволокна (30 %).

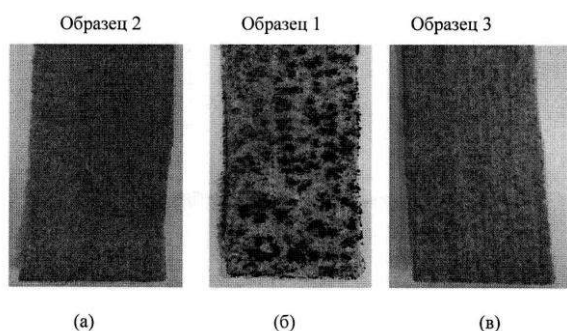


Рис. 2

Фото на рис. 2 (номера образцов соответствуют указанным в табл. 3) убедительно свидетельствуют о различной степени обрастания плесневыми грибами нетканых материалов на основе биозащищенного льноволокна (а, в) в сравнении с незащищенным (б) после 14 суток воздействия на них естественного комплекса микрофлоры.

Таким образом, показано, что при использовании биологически активных волокон льна можно изготавливать НМ, обладающие высокими эксплуатационными, гигиеническими и функциональными свойствами.

## ВЫВОДЫ

Определены технологические принципы создания новых нетканых структур и оценены свойства полученных опытных образцов нетканых материалов на основе биологически активных модифицированных льноволокна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Галашина В.Н., Морыганов П.А., Кузнецов О.Ю. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 2. С. 65...70.
2. Галашина В.Н., Морыганов П.А., Кузнецов О.Ю. // Текстильная промышленность. Научный альманах. – 2008, №4. С.40...44.
3. Даревский Ю.С., Ходырев В.И., Латош М.В., Кушнер М.А. Изучение химии процессов получения льняной целлюлозы // Химия древесины. – 1985, №5. С. 38...42.
4. Морыганов П.А., Галашина В.Н., Дымникова Н.С. Исследование сорбционно-десорбционных процессов в модифицированных целлюлозных материалах // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2007. Т.50, вып.3. С.48...52.

Рекомендована научно-техническим семинаром. Поступила 27.03.12